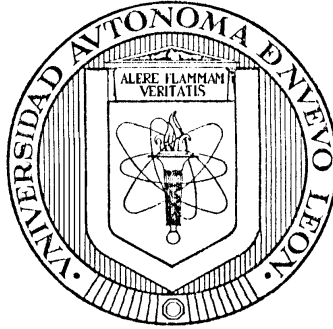


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



ALTERNATIVA DE SOLUCION PARA REDUCCION DE COSTOS DE  
ELECTRIFICACION EN AREAS RURALES

POR

ING. RICARDO SANDOVAL ORTEGA

TESIS

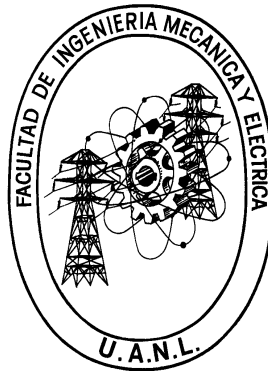
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



ALTERNATIVA DE SOLUCION PARA REDUCCION DE COSTOS DE  
ELECTRIFICACION EN AREAS RURALES

POR

ING. RICARDO SANDOVAL ORTEGA

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2007

# INDICE

	Pág.
Síntesis	1
1. Introducción	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Objetivo del trabajo de tesis	3
1.3 Hipótesis	4
1.4 Limites del estudio	4
1.5 Justificación del trabajo	4
1.6 Metodología	5
1.7 Revisión bibliografía	5
2. Energía solar	6
2.1 La constante solar	6
2.2 Radiación solar	8
2.2.1 Radiación recibida en la superficie de la tierra	8
2.2.2 Tipos de radiación y sus relaciones geométricas	13
2.2.3 Distribución espectral de la radiación solar	15
2.3 Variación del flujo de energía con la distancia	16
2.4 Placas fotovoltaicas	17
2.4.1 Estructura de una celda solar	20
2.4.2 Principio de operación	21
2.5 Colector de placa plana	24
2.6 Conformación de los sistemas fotovoltaicos	27
2.7 Ventajas	28
2.8 Aplicaciones	29
3. Energía eólica	31
3.1 Antecedentes	31
3.2 La energía en el viento: Densidad del aire y área de barrido del rotor	32
3.3 Técnicas de conversión	34
3.4 El tubo de corriente	35
3.5 Conversion de energía eólica a eléctrica	36
3.6 Ventajas	37
3.7 Aplicaciones	37

4.	Métodos de almacenamiento de energía	38
4.1	Antecedentes	38
4.2	Acumuladores de plomo	39
4.3	Acumuladores de níquel-cadmio	40
5.	Proyecto de electrificación	41
5.1	Colocación de red tradicional(Línea de transmisión de 34.5 kV)	41
5.1.1	Análisis	41
5.1.2	Calculo de Ampacidad	42
5.1.3	Cálculo de Caída de Voltaje	43
5.2	Colocación de red por medio de plantas eléctricas solares	45
5.2.1	Análisis	45
5.3	Justificación de uno de un sistema fotovoltaico	50
6.	Conclusiones	51
	Bibliografía	52
	Listado de gráficas	53
	Glosario	54
	Anexo	56
	Autobiografía	73

## Síntesis

El presente trabajo surge de la problemática que existe en las comunidades rurales que no cuentan actualmente con el servicio de energía y cuyas obras específicas y de ampliación necesarias para otorgar este servicio las hacen económicamente no factibles; como ejemplo de ello, es la comunidad El Milagro, ubicada dentro del Municipio de García, Nuevo León. Comisión Federal de Electricidad, División Golfo Norte cuenta con un Departamento de Electrificación, el cual es el encargado de tramitar en coordinación con todos los Municipios del Estado de Nuevo León, la elaboración de los Proyectos de Electrificación de Comunidades que no cuentan con el servicio eléctrico, ó de aquellas áreas que se encuentran en asentamientos irregulares; las cuales, una vez que el municipio regulariza su situación de uso de suelo, solicitan los costos y presupuestos para la introducción de este importante servicio en beneficio de estos habitantes.

A la fecha, el casco municipal del Municipio de García, N.L. es alimentada mediante una Subestación Eléctrica MT/MT de 34.5/13.8 kV 6.25 MVA de capacidad, la cual actualmente se encuentra saturada dado al desarrollo de vivienda popular y de interés social promovido por la Presidencia de la Republica desde el año 2003 y los Urbanizadores habitacionales ubicados en esa área, están construyendo para suministrar energía eléctrica a cada uno de sus desarrollos mediante el esquema de Obra Común contemplado dentro del Reglamento de la Ley del Servicio de Energía Eléctrica, en Materia de Aportaciones (RLSEEMA), las obras específicas necesarias para alimentarse desde la Subestación Eléctrica Arco Vial (ARV) en un voltaje de 33 kV. La capacidad de la Subestación Arco Vial es de 60 MVA y tiene una relación de voltaje de 115/34.5 kV, el margen de reserva de esta subestación es del 37% de su capacidad total.

Las Obras de Electrificación, derivado a que su tipo de obras son de carácter social, no están sujetas al Reglamento antes mencionado, y son ejecutadas mediante las aportaciones de entidades federales, estatales, municipales y beneficiarios.

La problemática radica en el costo de construcción de la línea de media tensión en 33 kV , debido a la ubicación de la población (ubicado al noroeste del casco municipal), se encuentra a 50 km de la Subestación Arco Vial, por lo que el costo por km de la línea necesaria con los calibres mínimos de desarrollo que se tienen y que son ACSR 1/0 AWG en postes de concreto PC-13-600, es estimado en \$ 209,369 por km (Octubre 2007) y para el total de longitud (50 km), el costo aproximado es cercano a los \$10'468,450.00 pesos; sin considerar, las obras de la red de distribución (postes, líneas, transformadores, alumbrado público, etc.) dentro de la comunidad El Milagro que asciende aproximadamente a la cantidad de \$ 605,194.79 pesos; dando un costo total aproximado para esta obra de \$ 11'073,644.79 pesos.

Este proyecto no es económicamente viable. Desde el punto de vista técnico, una línea de bajo voltaje de esa longitud presenta dificultades operativas (regulación de voltaje, incidencia de fallas) y grandes pérdidas de energía.

En este trabajo de tesis, se propone el uso de fuentes alternas de energía para la alimentación energética del poblado "El Milagro". Se realiza un análisis técnico y económico, también se presenta un estado comparativo entre el proyecto de la alimentación a través de CFE y la variante propuesta.

# Introducción

## 1.1 Descripción del problema

Existe una comunidad ubicada al noroeste de la cabecera municipal de García Nuevo León, el cual se llama El Milagro y el cual esta formado por 19 viviendas y 95 habitantes aproximadamente; donde no se cuenta con energía eléctrica y el costo de construcción de una línea de media tensión para brindar dicho servicio sobrepasa los costos aceptados para la construcción; esto por encontrarse a una distancia superior de los 50 km de las líneas actuales y el costo aproximado de una línea de distribución es superior a los \$209 369 pesos por kilómetro y la demanda aproximada que se puede requerir es de 40 kilowatts que representa el servicio para 19 viviendas.

## 1.2 Objetivo del Trabajo de Tesis

Diseñar el proyecto electrificación para un servicio de mediana calidad para satisfacer las necesidades primarias de los habitantes de una población rural utilizando para ello fuentes alternas de generación de energía eléctrica, tales como energía solar y energía eólica.

## 1.3 Hipótesis

Por medio de la generación de energía solar o energía eólica se puede hacer que las casas de El Milagro, tengan suficiente energía eléctrica para poder satisfacer sus necesidades.

#### 1.4 Limites del estudio

La aplicación de generación de energía por fuentes alternas para la electrificación de comunidades rurales que se encuentren en lugares donde no es factible el proveer de energía eléctrica por los medios tradicionales. La realización de un estudio comparativo entre la propuesta inicial y la propuesta presentada en este trabajo.

#### 1.5 Justificación del Trabajo

Demostrar que el proyecto puede satisfacer la demanda de energía para las necesidades de los habitantes de El Milagro, ya que por sus características (distancia y carga pequeña) hacen impracticable el uso de líneas de distribución.

#### 1.6 Metodología

1. Búsqueda bibliográfica
2. Selección y clasificación de material



3. Exposición conceptual del problema
4. Proponer las alternativas de solución del problema
5. Diseño del proyecto (tanto de energía solar como eólica)
6. Verificación de costos de desarrollo de ambos sistemas
7. Conclusiones y recomendaciones

## 1.7 Revisión Bibliográfica

## 2. Energía Solar

### 2.1 La constante solar

La combinación de tres factores: la distancia Tierra-Sol, el diámetro solar y la temperatura del Sol, determinan un flujo luminoso, un flujo de energía que incide sobre la superficie de la Tierra.

Se llama flujo de energía a la cantidad de que pasa a través de una superficie, por unidad de área y por unidad de tiempo. Por tanto, el flujo luminoso, que es un flujo de energía, tiene unidades de energía por unidad de área y por unidad de tiempo.

Mucho se ha discutido acerca de si el Sol emite un flujo de energía constante, o se trata de una estrella variable. Algunos estudios parecen indicar que la variación de la emisión de energía, por parte del Sol, es menor al 1% a lo largo de un ciclo solar, que dura 22 años.

La radiación emitida por el Sol, junto con sus condiciones geométricas respecto de la Tierra, dan por resultado que, sobre la atmósfera terrestre, incide una cantidad de radiación solar casi constante. Esto ha dado lugar a la definición de la llamada constante solar.

La constante solar  $I_{sc}$  es la intensidad con la que la energía solar irradia un área unitaria de superficie normal a los rayos solares, en el espacio exterior de la atmósfera terrestre y a la distancia media entre ambos astros.

Empecemos por describir la constante solar la cual se refiere a la cantidad de energía que incide, instantáneamente, sobre una superficie de área unitaria. Segundo esta superficie hipotética es perpendicular o normal a la dirección de propagación de la luz. Una superficie en posición oblicua respecto de la dirección del Sol recibiría un menor flujo de energía. Tercero, nuestra superficie hipotética se encuentra situada a la distancia media de la Tierra al Sol, la distancia desde la fuente de radiación hasta el plano en cuestión influye fuertemente en el flujo de energía, por comparación la intensidad de la radiación solar es mucho mayor en Mercurio que en la Tierra, pero es mayor en la Tierra comparándola contra Plutón.

Como la órbita que describe la Tierra alrededor del Sol no es circular, por lo tanto, la distancia Tierra-Sol no es constante, debe considerarse un valor promedio para poder hablar de una constante. Por último, la superficie hipotética, debe estar colocada fuera de la atmósfera para evitar la atenuación de la radiación causada por la diversidad de fenómenos físicos y químicos que se verifican en la atmósfera.

El valor comúnmente aceptado para  $I_{sc}$  ha variado en los últimos años, según las técnicas de medición que se han empleado, lo cual no indica que haya variado en sí la magnitud de la energía que se recibe del Sol.

El valor:

$$I_{sc} = 1353 \text{ W/m}^2$$

que, en otras unidades equivale a:

$$1.940 \text{ cal/}(\text{cm}^2)(\text{min})^*$$

$$428 \text{ Btu/}(\text{ft}^2)(\text{h})^*$$

$$4871 \text{ KJ/}(\text{m}^2)(\text{h})^*$$

\*Estos valores fueron aceptados por la NASA (1971) y por la ASTM.

Las características de un sistema fotovoltaico va a depender de las necesidades que demande cada usuario en particular, o sea a la potencia eléctrica requerida.

## 2.2 Radiación solar

### 2.2.1 Radiación recibida en la superficie de la Tierra

La atmósfera terrestre, con su vapor de agua, bióxido de carbono, polvo, humo y nubes, disminuye los rayos solares por absorción y dispersión, aunado a que la rotación del planeta ocasiona que cualquier lugar sobre su superficie reciba luz solar por un espacio de tiempo.

Otro factor que afecta la cantidad de radiación recibida es la inclinación del eje terrestre, ya que este provoca una variación en la distancia entre el Sol y la Tierra, y esto varía en cada estación del año.

En la figura se muestra una variación en el nivel de energía solar que existe en el lugar.

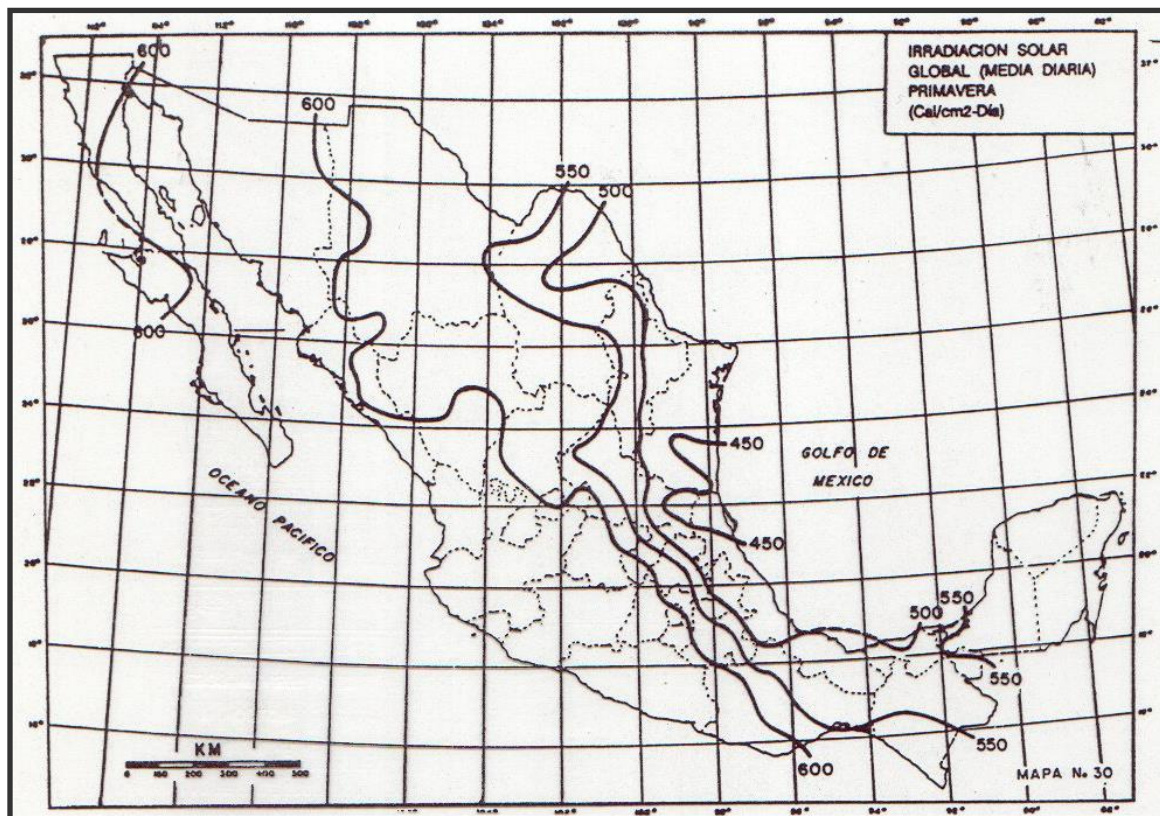


Figura 1. Mapa de insolación global en primavera

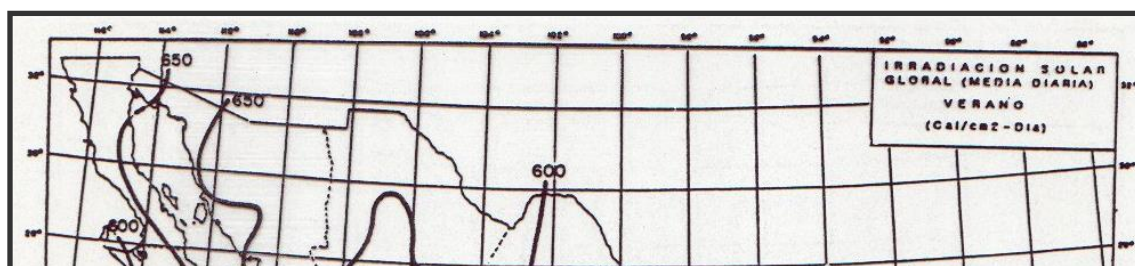


Figura 2. Mapa de insolación global en verano

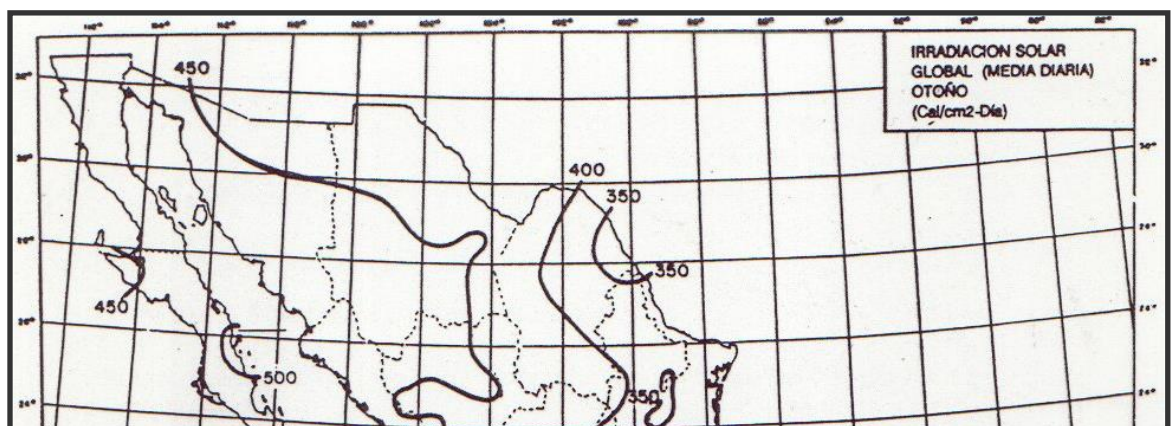


Figura 3. Mapa de insolación global en otoño

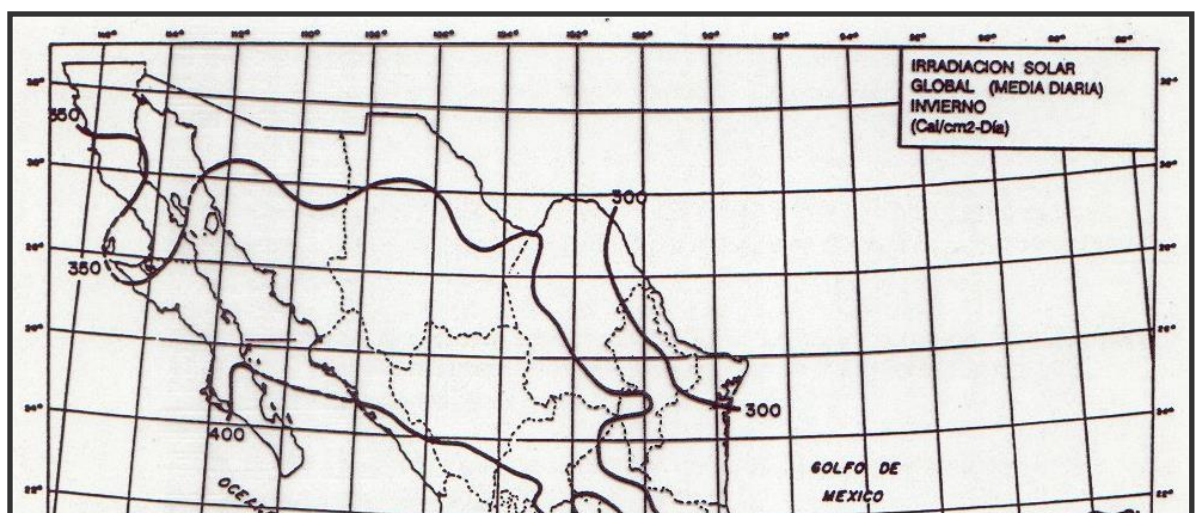




Figura 4. Mapa de insolación global en invierno

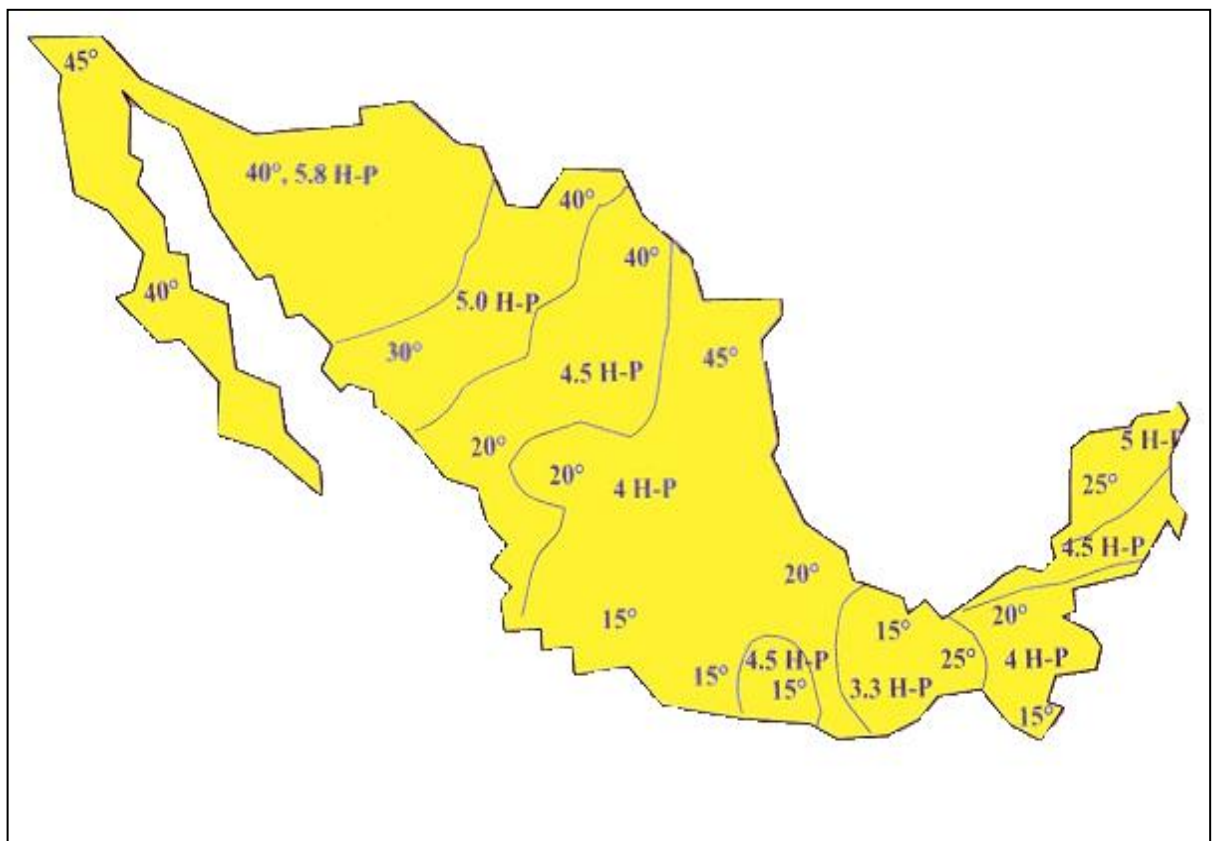


Figura 5. Mapa de México mostrando las horas de insolación pico

### 2.2.2 Tipos de radiación y sus relaciones geométricas



La radiación solar sufre ciertas transformaciones al incidir sobre la atmósfera, de modo que es necesario manejar algunos conceptos específicos para los diversos tipos de radiación.

Se conoce como radiación directa, la que se recibe directamente del Sol, sin sufrir ninguna dispersión atmosférica. La radiación extraterrestre es, por tanto, radiación directa. Generalmente se usa el subíndice "b" para indicar radiación directa, por el término que se utiliza en inglés: beam (haz, rayo).

La radiación difusa es la que se recibe del Sol, después de ser desviada por dispersión atmosférica. Es radiación difusa la que se recibe a través de las nubes, así como la que proviene del cielo azul. De no haber radiación difusa, el cielo se vería negro, aun de día, como sucede por ejemplo en la Luna. Suele utilizarse el subíndice "d" para la radiación difusa.

Por otro lado, se conoce como radiación terrestre la que proviene de objetos terrestres, por ejemplo, la que refleja una pared blanca, un charco o un lago, etc.

Se conoce como radiación total, la suma de las radiaciones directa, difusa y terrestre que se reciben sobre una superficie. Por ejemplo, sobre una pared o una ventana, incide la radiación directa del Sol, la difundida por las nubes y por el cielo y, además, puede entrar la luz reflejada por algún otro objeto frente a la pared o ventana. Un caso particular, pero de mucho interés práctico en el estudio de la energía solar, es el medir la radiación total sobre una superficie horizontal "viendo" hacia arriba. En este caso puede considerarse que no existe radiación terrestre y se conoce también como radiación global. Por tanto, la radiación global es la suma de la radiación directa más la radiación difusa.

Para expresar la potencia solar y en general, de cualquier radiación se utiliza el término irradiancia. La irradiancia expresada en  $\text{W/m}^2$ , es la rapidez de incidencia de energía radiante sobre una superficie por unidad de área.

Generalmente se usa el símbolo  $G$  para la irradiancia, junto con los subíndices adecuados:  $G_o$ ,  $G_b$ ,  $G_d$ , para la irradiancia extraterrestre, directa, difusa, etc. Nótese que la irradiancia tiene la virtud de indicar muy claramente que la radiación es un fenómeno que transcurre en el tiempo, que no es estático. Es energía que incide instantáneamente sobre una superficie.

Cuando incide la radiación sobre un plano, durante un tiempo determinado, puede hablarse entonces de que incidió una cierta cantidad de energía. La cantidad de energía, por unidad de área, que incide durante un período de tiempo dado, recibe el nombre de irradiación,  $\text{J/m}^2$ , y no es otra cosa que la integral de la irradiancia durante el período en cuestión. Generalmente se usa el símbolo " $I$ " para la insolación por hora, mientras que " $H$ " se usa para la insolación en el período de un día. Se aplican los mismos subíndices, por ejemplo:  $H_o$  simboliza la irradiación extraterrestre en un día;  $I_d$  simboliza la irradiación difusa en una hora, etc.

### 2.2.3 Distribución espectral de la radiación solar

El sol emite radiación en toda la gama del espectro electromagnético, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio. Sin embargo la que

nosotros utilizaremos es la Radiación Térmica que incluye el ultravioleta (UV), la radiación visible (VIS) y la infrarroja (IR).

A mayor temperatura ocurren dos cambios en la radiación emitida:

1. La intensidad de la emisión es mayor, refiriéndose a un mayor número de watts por metro cuadrado abandonando el cuerpo.
2. El color o tipo de radiación cambia hacia una menor longitud de onda, esto es, del IR al VIS y al UV, a medida que aumenta la temperatura.

### 2.3 Variación del flujo de energía con la distancia.

Cuando se tiene una fuente luminosa que emite en todas direcciones, la intensidad luminosa o flujo de energía varía inversamente con el cuadrado de la distancia a la fuente emisora.

Una deducción muy sencilla de esta expresión, puede hacerse como sigue. Considérese una fuente luminosa cualquiera: una bombilla incandescente, una estrella, el Sol, que emite energía en forma homogénea en todas direcciones. Considérense dos esferas concéntricas, de radios  $r_1$  y  $r_2$ , mucho mayores que el de la fuente luminosa, cuyo centro coincida exactamente con la posición de dicha fuente. Supongamos que medimos la intensidad luminosa (flujo de energía) en la superficie de la esfera con radio

$r_1$ , y llamemos a ese valor  $G_1$ . La potencia (energía por unidad de tiempo) que pasa a través de la esfera completa estará dada por  $G_1$  multiplicada por el área de la esfera.

Por otro lado, si llamamos  $G_2$  a la intensidad luminosa medida a la distancia  $r_2$ , tendremos, mediante el mismo razonamiento, que la potencia evaluada en la superficie de la esfera "2".

Si además consideramos que el espacio que separa las dos esferas es perfectamente transparente, es decir, no absorbe radiación, entonces la misma energía por unidad de tiempo que atraviesa la esfera "1" debe atravesar la esfera "2". Por tanto, entonces, la cual se reduce a la expresión, donde  $r_1$  y  $r_2$  son las distancias correspondientes a los puntos en los que el flujo de energía es  $G_1$  y  $G_2$ .

Esta ecuación es de uso bastante general. Sirve para relacionar intensidades luminosas producidas por lámparas a ciertas distancias (útil en fotografía, por ejemplo), lo mismo que para calcular la constante solar en diversos planetas. Sin embargo, no se aplica para luz emitida por medio de reflectores parabólicos, láseres, etc., cuya emisión es dirigida y no cumple con la hipótesis de disiparse en todas direcciones.

## 2.4 Placas Fotovoltaicas

Es una de las partes fundamentales ya que es la encargada de captar y transformar la energía solar en energía eléctrica.

Para que una célula solar expuesta al sol produzca energía eléctrica debe reunir las siguientes tres características fundamentales:

1. Ser capaz de absorber una fracción importante de la radiación solar para que la generación de pares electrón-hueco sea eficiente.
2. Tener campo eléctrico interno que separe las dos cargas impidiendo su posterior recombinación.
3. Las cargas separadas deben ser capaces de viajar a través de la oblea hasta los electrodos superficiales desde donde pasan al circuito exterior.

Existen varios tipos de paneles fotovoltaicos, que se diferencian bien por su tecnología de fabricación de células o por su aplicación.

- Silicio monocristalino
- Silicio policristalino
- Silicio amorfo
- Policristalinos de lámina delgada
- Paneles para el espacio
- Sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre
- Teluro de cadmio
- Seleniuro de cobre e indio
- Arseniuro de galio o de concentración
- Bifaciales

Las más utilizadas son las de silicio monocristalino y estas se pueden fabricar de diferentes formas geométricas según las necesidades.

Debido a que una célula solar genera corrientes y tensiones pequeñas, estas se colocan en serie o paralelo para obtener mayores tensiones y corrientes formando lo que se denomina módulo fotovoltaico, estas a su vez se colocan en serie o paralelo para obtener las tensiones y corrientes adecuadas para la potencia deseada.

Los módulos fotovoltaicos en serie aumentan el voltaje y conservan la misma corriente, mientras que los módulos en paralelo aumentan la corriente conservando el mismo voltaje.

Un módulo fotovoltaico puede generar energía en días nublados, aunque su rendimiento baja con respecto a un día soleado.

La elevación del lugar donde se instala no tiene ninguna relación con la eficiencia del sistema, es decir que la altura a la que van a ser instalados la células fotovoltaicas no va a influir en el rendimiento. Los paneles se instalan a cierta altura para salvar sombras y tener así un contacto directo con el sol. Si usted escoge un lugar para los módulos, asegúrese que tiene la luz directa a las superficies de los módulos. La luz filtrada como por ejemplo a través del follaje de los árboles va a disminuir mucho el rendimiento del módulo. La instalación de los módulos se hace con preferencia en una zona fuera del camino principal, como en el techo o una pared expuesta al sol. Si su casa recibe mucha sombra se pueden montar los módulos a cierta distancia de la vivienda, como en un poste. Es también importante mantener un espacio de 2.5 cm entre el módulo y el soporte para que se mantenga un flujo de aire.

Otro factor importante es la inclinación del panel fotovoltaico, éste debe tener una inclinación de  $15^{\circ}$  en verano y  $60^{\circ}$  en invierno con respecto a la horizontal. Esto es debido a que captar los rayos solares perpendiculares a la placa fotovoltaica nos dará un rendimiento óptimo al sistema. Ajuste su módulo directamente al sol. Incline el módulo de tal manera que el ángulo de inclinación este correctamente en la hora del mediodía. Si no quiere ajustar la instalación cada estación del año, use el ángulo de inclinación de invierno.

#### 2.4.1. Estructura de una celda solar

Es una oblea de silicio contaminada con pequeñas cantidades de fósforo y boro para crear en su superficie frontal un campo eléctrico interno.

Se deposita por impresión en ambas caras un enrejado de plata y/o aluminio que se utilizan como electrodos para extraer la corriente eléctrica generada en el interior de la celda. La celda tiene un recubrimiento antireflejante para hacerla mas oscura y atrape mas luz.

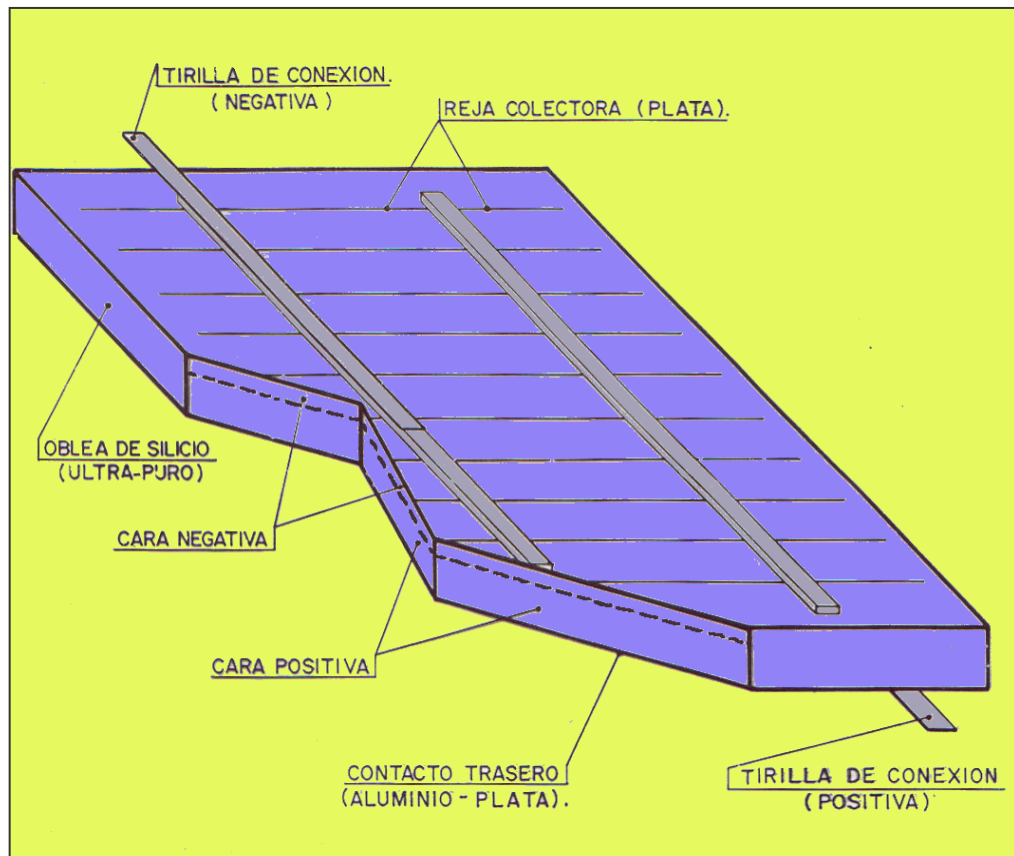


Figura 6. Estructura de celda solar

#### 2.4.2. Principio de operación

El 80% de la luz absorbida se convierte en calor y el 20% restante transfiere la energía a los electrones de los átomos de silicio. Los electrones son liberados del átomo y pueden moverse en la oblea. El campo eléctrico atrae los electrones a la superficie de la celda y se acumularán ahí dando por resultado un voltaje medible exteriormente (efecto fotovoltaico).

Los electrones no pueden regresar a la oblea por el mismo camino gracias al campo eléctrico. Cuando se establezca un circuito externo entre la cara superior e inferior de la celda, los electrones fluirán por el mismo y regresarán a su posición original (corriente fotovoltaica).



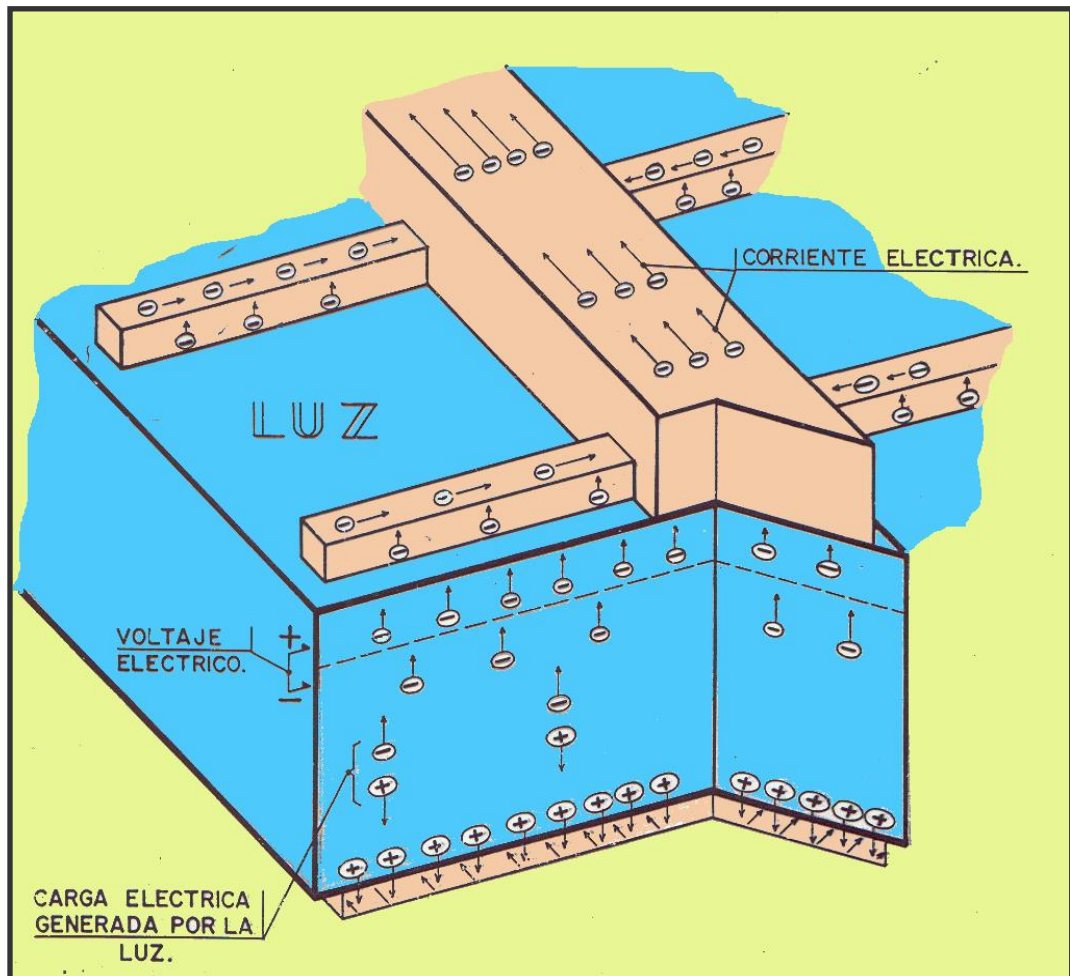


Figura 7. Principio de operación de una celda solar

Las celdas solares se interconectan en serie para elevar su voltaje ya que por si mismas entregan un voltaje demasiado pequeño de 0.5 Volts.

Al agrupamiento de celdas solares, interconctadas entre sí se le denomina como módulo solar.

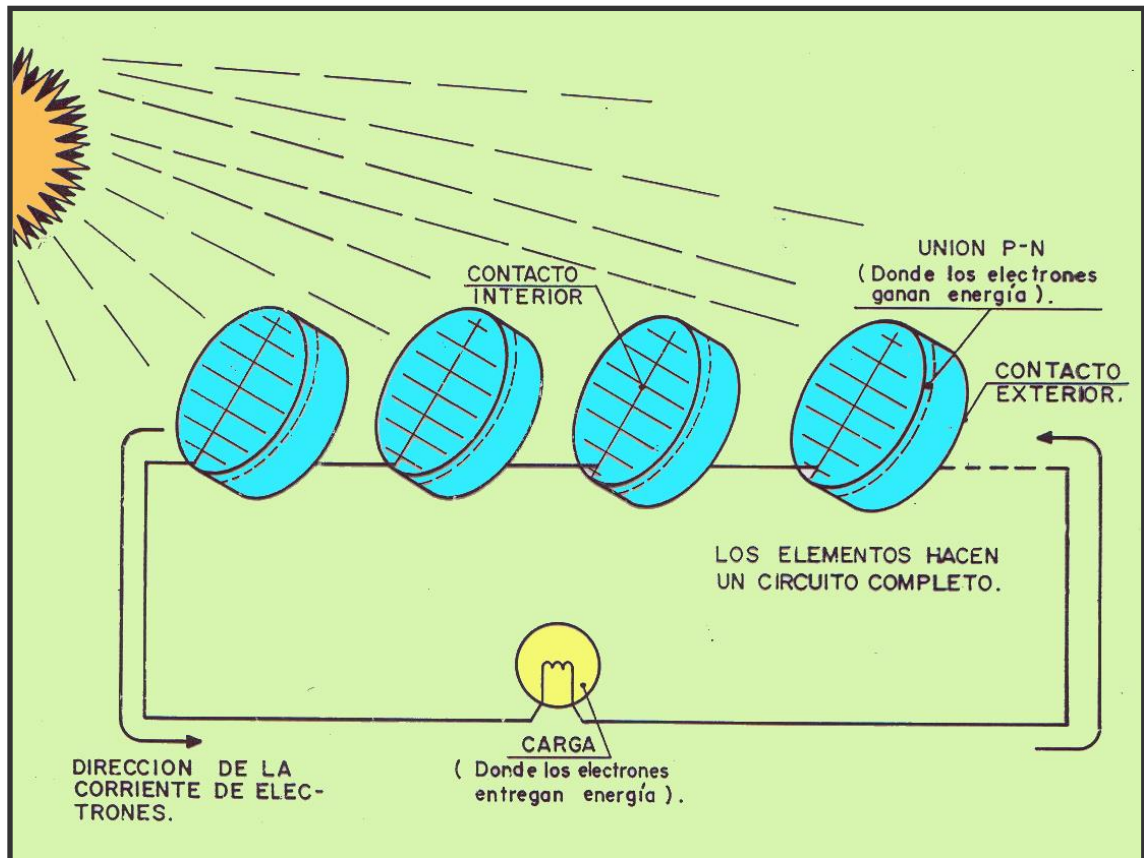
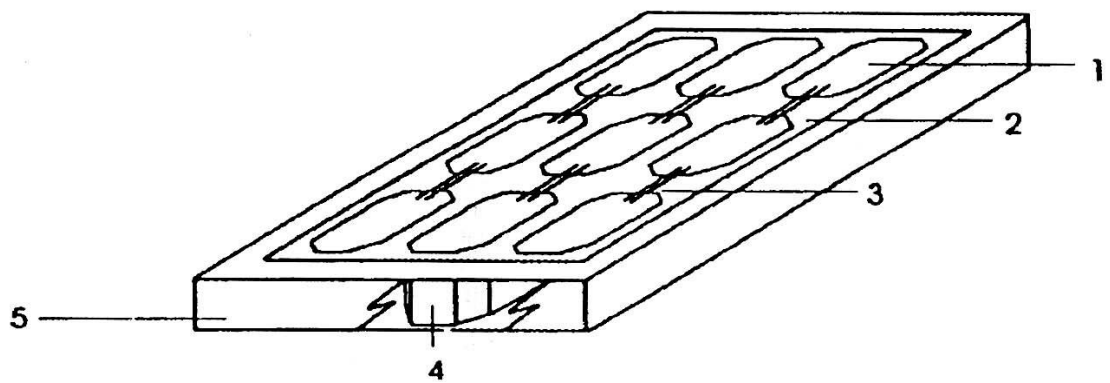


Figura 8. Conexión serie de celdas solares en un módulo solar

## 2.5 Colector de placa plana

La forma más sencilla para recoger la energía solar es mediante un colector de placa plana, en la figura 9 se muestra un colector de placa plana sencillo; una superficie metálica ennegrecida especialmente tratada, llamada placa de absorción que es el corazón del colector, los rayos solares que inciden sobre esta placa son absorbidos y elevan la temperatura de dicha placa.



#### Descripción

1. Celdas solares de silicio monocristalino o policristalino
2. Cubierta de vidrio templado
3. Interconexión de celdas
4. Cajas de conexión herméticas

Figura 9. Colector de placa plana



Figura 10. Sistema Fotovoltaico

Como ya se mencionó los sistemas fotovoltaicos (SFV) transforman la radiación solar en energía eléctrica permitiendo a su vez abastecer una amplia variedad de consumos.

La energía excedente producida durante las horas y días de mayor insolación es acumulada en baterías, esta energía es acumulada permitiendo abastecer los consumos durante la noche y durante los días nublados.

Los SFV generan energía eléctrica en corriente continua. Si se deben abastecer consumos de corriente alterna, es necesario intercalar un inversor de CC/CA entre las baterías y dichos consumos.

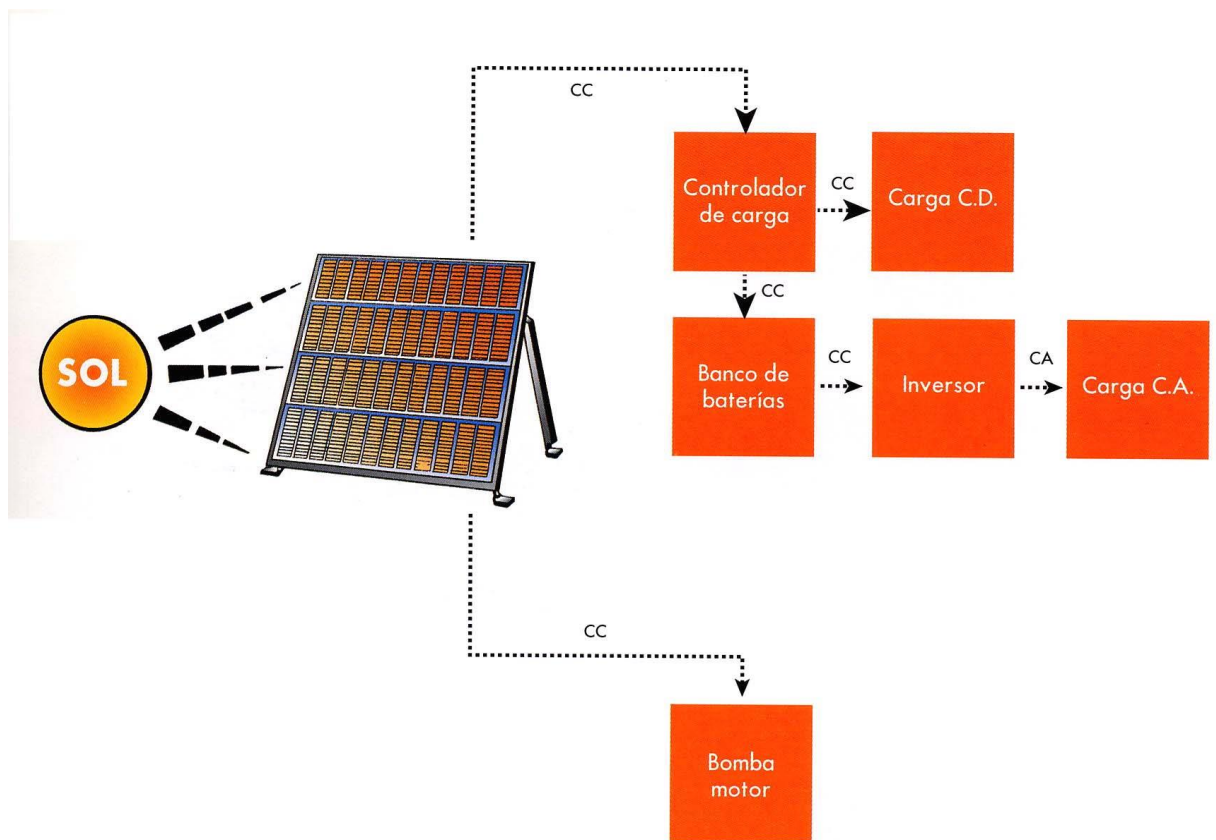


Figura 11. Esquema de Sistemas Fotovoltaicos

La capacidad de generación de un SFV depende de su tamaño y del recurso solar disponible en el lugar de su instalación.

Los SFV se diseñan de tal manera que la energía que deben generar debe ser equivalente a la requerida por los consumos conectados. En la mayoría de los casos el cálculo debe realizarse para el mes de peor nivel de insolación (invierno).

## 2.6 Conformación de los sistemas fotovoltaicos

Los SFV necesarios para abastecer la mayoría de las aplicaciones actuales están conformados por uno o mas módulos fotovoltaicos (generador solar), estructuras soporte, banco de baterías, reguladores de carga, y eventualmente inversores CC/CA.

La mayoría de los módulos fotovoltaicos comercializados actualmente consisten en una interconexión de 30 a 36 celdas solares de silicio interconectadas entre si en serie y laminadas entre hojas de plástico y vidrio dentro de un marco de aluminio.

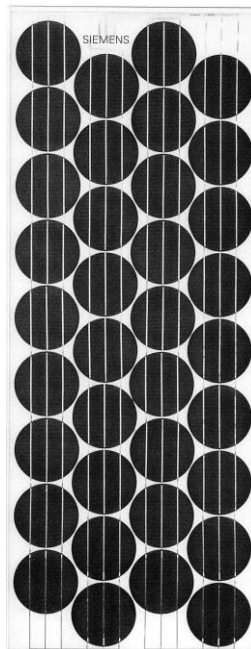


Figura 12. Módulo Solar Marca SIEMENS Modelo SR100

La potencia nominal de generación de cada módulo depende de la superficie de cada celda. Generalmente, los módulos fotovoltaicos están diseñados para cargar baterías de una tensión nominal de 12 Vcc. Para mayores tensiones es necesario conectar 2 o más módulos en serie.

La cantidad de energía generada dependerá de la cantidad de módulos instalados, de la potencia nominal de cada uno y del recurso solar disponible. Para alcanzar una determinada capacidad de generación es necesario colocar una cantidad determinada de estas series en paralelo. Las estructuras soporte mantienen a los módulos fotovoltaicos orientados e inclinados en ángulos que permiten optimizar la captación de la radiación solar. Sus características dependerá de la cantidad y tipo de módulos que debe soportar.

## 2.7 Ventajas

Los sistemas solares fotovoltaicos son ideales para lugares remotos y alejados de las fuentes generadoras de energía eléctrica. Por su versatilidad, prácticamente pueden ser utilizados en cualquier equipo que funcione con electricidad. Sus aplicaciones son ilimitadas ya que transforman directamente la energía del sol en energía eléctrica, sin necesidad de otra fuente.

Las principales ventajas que presentan los SFV son:

- No consumen combustible
- Son totalmente silenciosos
- No contaminan el medio ambiente
- Son modulares
- Requieren de un mínimo mantenimiento
- Fácil instalación
- Factibilidad de expansión del sistema
- Vida útil mayor a 30 años

## 2.8 Aplicaciones

- Electrificación Rural
  - Iluminación
  - TV
  - Radio
  - Refrigeración
  - Electrificación de Alambrados
  
- Sistema de Bombeo fotovoltaico
  - Riego
  - Consumo humano
  - Abrevaderos
  
- Luminarias Solares
  
- Sistema fotovoltaico para repetidor
  - Radio Comunicación
  - Radiotelefonía
  - Receptores vía satélite
  - Estaciones repetidoras de telecomunicaciones o televisión
  - Telefonía celular
  
- Sistema fotovoltaico para plataforma marina
  - Equipo de Comunicación
  - Equipo de procesamiento
  - Instrumentación
  - Luces de situación



- Sistema fotovoltaico para clínica rural
- Sistema fotovoltaico para protección catódica
- Sistema fotovoltaico para telesecundarias
- Sistema fotovoltaico para telefonía rural

### 3. Energía Eólica

#### 3.1. Antecedentes

La energía eólica es simplemente aire en movimiento iniciando y regenerado en forma continua por una pequeña parte de la insolación que llega a la atmósfera exterior. La naturaleza genera energía eólica a razón de  $1.67 \times 10^{15}$  kWh al año.

La energía del viento se deriva del calentamiento diferencial de la atmósfera por el sol y las irregularidades de la superficie terrestre. Aunque sólo una pequeña parte de la energía solar que llega a la tierra se convierte en energía cinética del viento, la cantidad total es enorme.

La potencia de los sistemas conversores de energía eólica es proporcional al cubo de la velocidad del viento, por lo que la velocidad promedio del viento y su distribución en un sitio dado son factores muy importantes en la economía de los sistemas.

El recurso energético eólico es muy variable tanto en el tiempo como en su localización. La variación con el tiempo ocurre en intervalos de segundos y minutos (rachas), horas (ciclos diarios), y meses (variaciones estacionales).

### 3.2 La energía en el viento: Densidad del aire y área de barrido del rotor

Un aerogenerador obtiene su potencia de entrada convirtiendo la fuerza del viento en un par (fuerza de giro) actuando sobre las palas del rotor. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento.

En realidad, un aerogenerador desviará el viento antes incluso de que el viento llegue al plano del rotor. Esto significa que nunca se capturara toda la energía que hay en el viento utilizando un aerogenerador.

La densidad de potencia del aire en movimiento esta dada por:

$$P_w = KV^3 \text{ Watts por unidad de área}$$

Donde:

V = Velocidad del viento

K = Constante

Valores de k en diferentes unidades

	Unidades de Velocidad del viento				
	Millas por hora	Kilómetros por hora	Pies por segundo	Metros por segundo	Nudos
Unidades de área					
Pies cuadrados	$5.3 \times 10^{-3}$	$1.272 \times 10^{-3}$	$1.68 \times 10^{-3}$	$5.934 \times 10^{-2}$	$8.08 \times 10^{-3}$
Metros cuadrados	$5.3 \times 10^{-2}$	$1.3687 \times 10^{-2}$	$1.807 \times 10^{-2}$	0.6386	$8.70 \times 10^{-2}$

Los elementos principales de una planta eléctrica de este tipo son:



alterna.

- La turbina o conjunto de turbinas
- La estructura de montaje o torre
- El sistema rectificador de corriente o controlador de voltaje que protegerá el banco de baterías contra descargas o carga excesiva.
- El banco de baterías como medio de almacenaje
- El inversor que convierte la corriente directa a corriente

Figura 13. Generador Eólico

### 3.3 Las técnicas de conversión

Se distinguen dos grandes categorías de motores eólicos, los cuales se diferencian por la disposición de su eje: horizontal y vertical. Los motores eólicos de eje horizontal son los más extendidos; exigen una orientación continua de su eje, que debe mantenerse paralelo a la dirección del viento; sólo en esta posición las aspas o las palas estarán de cara al viento permanentemente. Los pequeños motores eólicos de eje horizontal (gama de potencia de 0.5 a 50 kW) suelen estar equipados con gran número de palas, en cuyo caso pertenecen al tipo americano que es, de hecho, el tipo de numerosos molinos tradicionales, como el molino de las Baleares (de seis aspas) o el molino griego (de doce aspas). Este tipo de motor eólico tiene la ventaja de que puede funcionar con vientos flojos.

Los grandes motores eólicos de eje horizontal están equipados con hélices de tres o dos palas. Estos molinos de hélice se han beneficiado de los progresos técnicos de la aeronáutica para la realización de palas muy grandes (de hasta 100 m de longitud) y pueden suministrar potencias elevadas : típicamente de 100 kW a varios MW. Sólo funcionan bien cuando soplan vientos de velocidad media o fuerte en cuyo caso ofrecen un excelente rendimiento. Su principal problema es la fatiga mecánica de los elementos estructurales, que ha desembocado en la rotura de palas en diversos motores eólicos experimentales.



Figura 14. Granja Eólica

### 3.4 El tubo de corriente

El rotor de la turbina eólica debe obviamente frenar el viento cuando captura su energía cinética y la convierte en energía rotacional. Esto implica que el viento se moverá más lentamente en la parte izquierda del rotor que en la parte derecha.

Dado que la cantidad de aire que pasa a través del área barrida por el rotor desde la derecha (por segundo) debe ser igual a la que abandona el

área del rotor por la izquierda, el aire ocupará una mayor sección transversal (diámetro) detrás del plano del rotor.

El viento no será frenado hasta su velocidad final inmediatamente detrás del plano del rotor. La ralentización se producirá gradualmente en la parte posterior del rotor hasta que la velocidad llegue a ser prácticamente constante.

### 3.5 Conversión de energía eólica a eléctrica

Deben considerarse tres factores básicos al seleccionar el sistema adecuado para la generación de electricidad a partir del viento. Lo cuales son:

- a. Tipo de salida: corriente directa, corriente alterna de frecuencia variable y corriente alterna de frecuencia constante
- b. Velocidad de giro de la turbina: Velocidad constante con aspas de paso variable, la velocidad casi constante con mecanismos más sencillos de cambio de paso o velocidad variable con aspas de paso fijo.
- c. Utilización de la salida de energía eléctrica: acumuladores, otras formas de almacenamiento de energía.

Se espera que la generación inicial de energía eléctrica a gran escala, a partir del viento sea en forma de corriente alterna de frecuencia constante para alimentar sincrónicamente a una red ya existente de servicio público.

### 3.6 Ventajas

Existen tres categorías principales para la utilización de la energía eólica.

- a. Sistema aislado de servicio continuo, utilizados en coordinación con sistemas apropiados de reconversión y almacenamiento de energía.
- b. Sistema de combustible complementario, utilizados junto con sistemas de servicio público convencionales o unidades de generación aisladas convencionales.
- c. Pequeños sistemas rurales para aplicaciones que no sean críticas y que puedan usar la energía del viento cuando de ella se disponga.

### 3.7 Aplicaciones

- Electrificación Rural
  - Ranchos
  - Haciendas
  - Comunidades
  - Industria Pesquera
  - Sistemas de Refrigeración
- Bombeo de Agua
  - Riego
  - Pozos de acuacultivo
  - Abrevaderos



## 4. Métodos de almacenamiento de energía

### 4.1 Antecedentes

La energía se almacena para adaptar la oferta de energía a la demanda o para transportarla a un punto donde se le pueda usar, esta se puede almacenar en forma mecánica, eléctrica, química o térmica.

Las baterías tienen la función de almacenar la corriente suministrada a lo largo del día y suministrar la energía en las horas de ausencia de la luz solar.

El tamaño del banco de baterías depende de la distribución de días claros y nublados correspondientes al lugar de la instalación, siendo su capacidad aproximadamente igual a un valor entre 4 y 8 veces el consumo diario.

Los consumos de corriente continua se conectan directamente a las baterías o a través del corte por baja del regulador. Los consumos de corriente alterna son alimentados a través de un inversor CC/CA conectado directamente a las baterías.

### 4.2 Acumuladores de plomo

Un dispositivo para almacenar energía es el acumulador de plomo, éste está basado en la reducción de dióxido de plomo a sulfato de plomo en el electrodo positivo y en la oxidación simultánea de plomo en sulfato de plomo en el electrodo negativo. El electrolito, que es ácido sulfúrico, se consume y la energía se descarga durante este proceso.

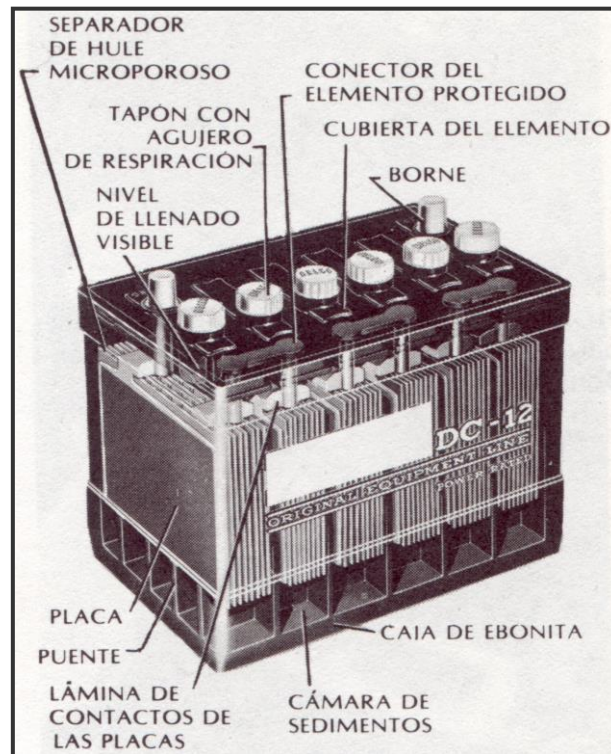


Figura 15. Batería Pb-Ácido

Un sistema de acumuladores de plomo está formado por celdas individuales que tienen una capacidad que oscila entre unas pocas décimas de kilowatt-hora a unos cuantos kilowatt-hora.

#### 4.3 Acumuladores de níquel-cadmio

Además del acumulador de plomo, el de níquel-cadmio es el otro y único acumulador recargable que se utiliza comúnmente. La reacción química implica la reducción del óxido de níquel a hidrógeno de níquel y la oxidación del cadmio a hidrógeno de cadmio en un electrolito alcalino.

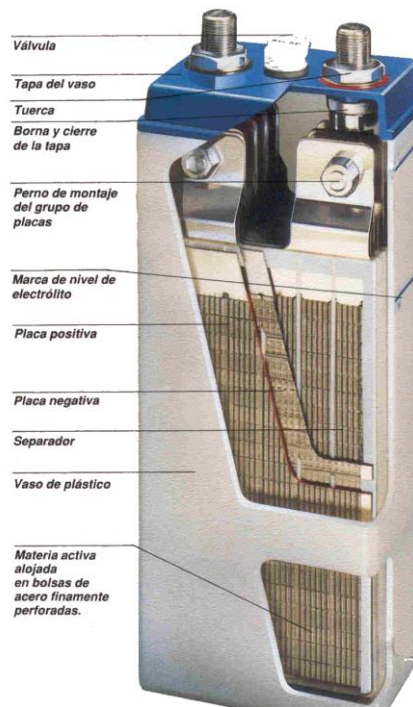


Figura 16. Batería Ni-Cd

Existen dispositivos como el regulador de tensión el cual es un dispositivo electrónico que protege las baterías contra sobrecargas y sobredescargas, desconectando los módulos o desconectando los consumos según el caso.

## 5. Proyecto de Electrificación

### 5.1. Colocación de red tradicional

(Línea de transmisión de 34.5 kV)

#### 5.1.1. Análisis

El presente caso se analizará con 1,000 kW para ver la posibilidad de la construcción de una línea trifásica con las características mencionadas, conductor ACSR 1/0 AWG en sus tres fases; cabe aclarar aquí que una línea mientras más larga y con poca carga tiene más caída de voltaje aunque sea de calibre grande y un calibre más grande se refleja en mayor costo.

Por otro lado, el calibre que se utilizará en el estudio no puede ser cambiado por otro aunque para la carga actual requerida quede sobrado, debido a otro tipo de factores tales como el viento, forma de construcción o manejo de materiales, etc.

#### 5.1.2 Cálculo de Ampacidad

De tablas de capacidad de corriente obtenemos que el ACSR1/0 AWG puede conducir hasta 150 Amperes, lo cual significa una ampacidad máxima de:

$$KVA = \sqrt{3} \cdot kV \cdot I$$

Donde :

KVA = Potencia a manejar

KV = Voltaje en punto de suministro en kV

I = Corriente en Amperes

Entonces

$$KVA = \sqrt{3} (34.5) (150)$$

$$KVA = 8,963 KVA$$

Cabe aclarar aquí, que la capacidad económica de los conductores al considerar el costo de las pérdidas de  $I^2R$  hace que su aplicación sea solo en corrientes un poco menores al 50% de la capacidad térmica, por lo que por el lado de la ampacidad de la línea solo debería manejar un poco más de 4,000 KVA o sea el factor de ampacidad económica solo debe ser  $\leq$  a 0.5 del de su ampacidad térmica.

### 5.1.3. Cálculo de Caída de Voltaje

Formula para caída de voltaje.

$$\Delta V_f = \frac{KVA \cdot l}{\sqrt{3} \cdot KV} (r \cos \theta + x \sin \theta)$$

donde:

$\Delta V_f$  = Caída de Voltaje por fase

KVA = Carga en kilovolts•amperes considerada

l = Longitud de la línea en Km

KV = Voltaje entre fases en la fuente en kilovolts

r = Resistencia en  $\Omega$ /Km del conductor

$X_L$  = Reactancia inductiva del conductor en  $\Omega$ /Km

$\cos \theta$  = Factor de potencia,  $F_p = \cos \theta$ , de la carga y que para evitar cargos por bajo factor, este debe ser  $\geq 0.9$  o mayor y el cual en caso necesario se puede corregir colocando capacitores en la carga.

$\theta$  = Angulo entre voltaje y corriente,  $\theta = \cos^{-1} F_p$

$\sin \theta$  = Seno del ángulo  $\theta$

Aplicación de valores en la formula:

$$\Delta V_f = \frac{1000 \cdot 200}{\sqrt{3}(34.5)} (0.6962 * 0.9 + 0.523 * 0.4359)$$

$$\Delta V_f = 2860$$

$$\Delta V_{linea} = \sqrt{3} \cdot (2860) = 4954 \text{Volts}$$

$$\% \text{ Regulación} = \frac{\Delta V \times 100}{V - \Delta V} = \frac{4954 \times 100}{34500 - 4954} = 16.77$$

En la práctica valores superiores al 10% ya no son de aplicación conveniente; aun restando el 2% del efecto capacitivo de la línea estamos fuera de rango, invariablemente de que su nodo firme (Punto de Voltaje constante) este en la Subestación Arco Vial.

Como se observa, para el presente análisis por el lado de la ampacidad esta aceptable y aun sobrado.

El análisis para la línea de transmisión de 34.5 kV muestra que no se justifica.

## 5.2 Colocación de red por medio de plantas eléctricas solares

### 5.2.1 Análisis

En el presente caso se llevará a cabo el cálculo de la carga por casa para elegir el tipo de planta eléctrica solar la cual se trata de un sistema integral para uso en casa habitación donde se puede colocar iluminación, radio, TV, electrodomésticos menores.

Se parte de un estudio de estimación de demanda por casa-habitación, los resultados promedio se muestran en la siguiente tabla:

Cant.	Descripción	Tiempo de operación	Carga
1	TV color 20"	2 horas / día	120 watts
1	Licuada	2 minutos / día	300 watts
4	Lámparas	4.5 horas / día	13 watts
1	Lavadora	2 horas / semana	800 watts
1	Plancha	1 hora / semana	1000 watts
1	Ventilador	2 horas / día	70 watts

Fórmulas para cálculo del dimensionamiento de un sistema

Cálculo de Arreglo Solar:

$$M = \frac{Ec \times Fs}{I_m \times V_m \times HP \times \eta_{bat} \times \eta_{inv}} (\text{\#módulos})$$

Donde:

M .- No. de módulos solares.

Ec.- Energía consumida por todas las cargas (watts•hora/día)

Fs .- Factor de sobredimensionamiento (típico se sobredimensiona de 10% a 20%, e.d. Fs = 1.1 a 1.2).

Im .- Corriente del módulo solar a máxima insolación (Amp)



V<sub>m</sub> .- Voltaje promedio de operación del módulo solar conectado al banco de baterías (típico V<sub>m</sub> = 14.3 V).

H<sub>p</sub> .- Insolación de la localidad expresadas en horas-pico.

N<sub>inv</sub> .- Eficiencia del inversor CC/CA (típico de 0.8 a 0.9).

N<sub>bat</sub> .- Eficiencia de la carga de batería (típico de 0.87 a 0.9)

Cálculo del Banco de Baterías:

$$CB = \frac{S \times Au}{V_B \times F_U \times F_i \times \eta_{inv}} (A-h)$$

Donde:

CB .- Capacidad del Banco de Baterías (amp-hora)

E<sub>c</sub> .- Energía consumida diariamente por los equipos alimentados (watts-hora)

A<sub>u</sub> .- Autonomía deseada en el banco de baterías (días)

V<sub>B</sub> .- Voltaje nominal de operación del banco de baterías

Fu .- Fracción de capacidad total de batería (0.5 en baterías de placa delgada y 0.8 de placa gruesa)

Fi .- Factor de incremento de capacidad de batería respecto a su valor nominal (1.05 en baterías de placa delgada y 1.35 de placa gruesa).

Se sustituye como sigue:

$E_c = (1 \text{ TV} \times 2 \text{ horas} \times 120 \text{ w}) + (1 \text{ Licuadora} \times 0.03333 \text{ horas} \times 300 \text{ w}) + (4 \text{ Lámparas} \times 4.5 \text{ horas} \times 13 \text{ w}) + (1 \text{ Lavadora} \times 2 \text{ horas/7 días} \times 800 \text{ w}) + (1 \text{ plancha} \times 1 \text{ hora/7 días} \times 1000 \text{ w}) + (1 \text{ ventilador} \times 2 \text{ horas} \times 70 \text{ w}) = 996 \text{ w-h/día}$

$F_s = 1.15$

$V_m = 12.8 \text{ volts}$

$I_m = 4.4 \text{ amperes}$  para un módulo de 75 watts, modelo SP75

HP = 4 horas pico de insolación

$N_{bat} = 90\%$

$N_{inv} = 90\%$

Sustituyendo en fórmula:

$$M = \frac{996 \text{ w-h/d} \times 1.15}{12.8 \text{ V} \times 4.4 \text{ A} \times 4 \times 0.9 \times 0.9} = \frac{1145.4}{182.47} = 6.27 \text{ módulos}$$

por lo que a 24  $V_{CD}$  se requieren 8 piezas

Lo anterior se debe a la forma de interconectar, cada módulo estará a 12  $V_{CD}$  en voltaje nominal y será entonces 2 en serie x 4 en paralelo.

Para las baterías son:

$$CB = \frac{Ec \times Au}{Vb \times fi \times Ninv}$$

CB = Capacidad del banco

Ec = Energía consumida

Au = Días de autonomía

Vb = Voltaje de banco

Fi = Factor de placa por batería

Ninv = Eficiencia de inversor

$$CB = \frac{996 \text{ w-h/d} \times 5 \text{ días}}{24 V_{CD} \times 0.5 \times 0.9} = 461 \text{ a-h @ } 24 V_{CD}$$

Debido que en la actualidad los estudios se realizan por medio de software, si realizamos estos estudios por medio de software pueden variar contra el cálculo teórico realizado, ya que en el software se utilizan factores no visibles para el diseño a mano (temperatura ambiente, caídas de tensión, perdidas por envejecimiento, etc). Pero para fines de este estudio será suficiente el calculo teórico.

De acuerdo a los cálculos realizados el equipo para la planta eléctrica solar por casa habitación recomendable para el suministro de energía según el cuadro de cargas sería:

Descripción:

Planta solar especial que contiene:

- 8 Módulos de 75 Watts, modelo SP75
- 8 Baterías Cable Solar de 105 a-h
- 1 Estante para baterías
- 1 Control de carga CCX 24/50/50F

- 1 Inversor de 1500 watts, 24 VCD de entrada y 127 VCA de salida
- 1 Estructura soporte para 8 módulos solares, montaje a piso
- 1 Juego de cables y accesorios

El contenido de elementos en la planta solar esta considerado tomando en cuenta los electrodomésticos que se tienen como carga, un estimado en precio de esta planta solar especial es de \$87,000 pesos M.N., por lo que si tomamos en cuenta que no todas las casas tendrán los mismos aparatos el desarrollo puede salir a un costo menor, el cual de todos modos sería más costeable que el de la construcción de una red eléctrica.

### 5.3 Justificación de uso de un sistema fotovoltaico

- Su costo (inversión + operación) es menor a extender una Línea de Red Eléctrica
- Por cada Km de Línea Eléctrica se instala un sistema solar de 3 Kw-h/día
- Su costo contra generadores diesel o gasolina es menor en mantenimiento y combustible.

Un dato interesante es el costo de generación por cada watt solar es de 6 centavos de dólar por watt y por el lado eólico estaría por la mitad o menos, pero debido a que en la región en la que se encuentra ubicada la zona donde se realizará el proyecto no cuenta con un potencial eólico que dé la cantidad de viento para poder generar energía.

## 6. Conclusiones

En el presente trabajo, se ha mostrado la factibilidad y costos de la construcción de líneas de distribución (media tensión) para la electrificación de comunidades rurales cuyas obras específicas y de ampliación, hacen que no sea económicamente factible su construcción; como también, para aquellas comunidades que se encuentran alejadas de las líneas de transmisión que actualmente prestan el servicio. Por ello, se analiza la alternativa de brindar el servicio de energía eléctrica por medio de otras fuentes de energía, tales como la energía solar y la energía eólica. Tomando en cuenta que el diseño es para el caso particular de “El Milagro”; se realizó el estudio de viento para ver la factibilidad de la construcción de una granja eólica, se llegó a la conclusión que por sus características no es zona de viento. También se realizó el estudio enfocado a la electrificación del poblado por medio de fuentes de energía solar, obteniendo con ello una buena diferencia en cuanto a costo y utilidad. Concluyendo que es la mejor opción para la solución del problema.

## Bibliografía

- Donald G. Fink / H. Wayne Beaty, Manual de Ingeniería Eléctrica. Ed. Mc Graw Hill
- Folletos de guía de selección de componentes para sistemas fotovoltaicos, Energías Alternas. Soluciones Integrales para la construcción (CONDUMEX)
- Manual de Ahorro de Energía, Energías Alternas (CONDUMEX).
- CONAE. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. URL: [http://www. Conae.gob.mx](http://www.Conae.gob.mx)
- Definición energía eólica URL: <http://www.dse.go.cr/balance/1996/Definici.htm>

## Listado de gráficas

Figura 1.	Mapa de insolación global en primavera	Pág. 9
Figura 2.	Mapa de insolación global en verano	Pág. 10
Figura 3.	Mapa de insolación global en otoño	Pág. 11
Figura 4.	Mapa de insolación global en invierno	Pág. 12
Figura 5.	Mapa de México mostrando las horas de insolación pico	Pág. 13
Figura 6.	Estructura de celda solar	Pág. 21
Figura 7.	Principio de operación de una celda solar	Pág. 22
Figura 8.	Conexión serie de celdas solares en un módulo solar	Pág. 23
Figura 9.	Colector de placa plana	Pág. 24
Figura 10.	Sistema fotovoltaico	Pág. 25
Figura 11.	Esquema de sistemas fotovoltaicos	Pág. 26
Figura 12.	Módulo solar marca siemens modelo SR100	Pág. 27
Figura 13.	Generador eólico	Pág. 33
Figura 14.	Granja eólica	Pág. 35
Figura 15.	Batería Po- Ácido	Pág. 39
Figura 16.	Batería Ni-Cd	Pág. 40

## Glosario

**Aerogenerador:** Es un sistema de transmisión, que acopla la potencia mecánica de rotación de un generador eléctrico

**Arreglo Solar:** Es el agrupamiento de Paneles solares, que son interconectados en paralelo, para obtener corrientes de salida más altas.

**Celda Solar:** Es una oblea de silicio cristalino que posee propiedades de efecto fotovoltaico.

**Eléctrodos:** Cada uno de los polos de una corriente eléctrica que se ponen en un líquido o un gas para que la electricidad pase a través de éstos.

**Electrólito:** m. QUÍM. Cuerpo que en estado líquido o en disolución puede ser descompuesto por una corriente eléctrica.

**Electrón:** Una partícula elemental negativamente cargada que reside normalmente fuera (pero está limitada) del núcleo de un átomo.

**Energía eólica:** Es la energía cinética contenida en las capas bajas de la atmósfera, a causa de su desplazamiento horizontal, denominado viento, el valor de esta energía es igual al producto de la masa por la mitad del cuadrado de la velocidad del viento  $VW$ . La masa contenida en una unidad



de volúmen (1 m<sup>3</sup>), se define como la densidad  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) del aire. La energía cinética por unidad de volúmen es igual a:

$$e_c = \frac{1}{2} \rho V w^2 \text{ (J/m}^3\text{)}$$

El valor de " $\rho$ " varía en función de la altura sobre el mar.

**Espectro electromagnético:** La gama entera de todas las varias clases o longitudes de onda de la radiación electromagnética, incluyendo (de corto a desear longitudes de onda) rayos gammas, de radiografías, del ultravioleta, de óptico (visible), infrarrojo, y ondas de radio.

**Irradiación:** Es una unidad de medida de la energía por unidad de área que estuvo disponible en los paneles en un día específico (W-h/m<sup>2</sup> por día)

**Ralentización:** La menor velocidad a que puede funcionar un motor de explosión con el mínimo de gases.

**Módulo Solar:** Es el agrupamiento de celdas solares, interconectadas entre sí, usualmente en serie, y laminadas entre hojas de plástico y vidrio con un marco de aluminio.

**Panel Solar:** Es el agrupamiento de Módulos solares, que son interconectados en serie, para obtener voltajes de salida más altos.

**Radiación:** f. FÍS. Emisión de luz, calor o cualquier otro tipo de energía por parte de un cuerpo

**Radiación Electromagnética:** Radiación que viaja a través de espacio vacío a la velocidad de la luz y propaga por la interacción oscilantes de campos eléctricos y magnéticos. Esta radiación tiene una longitud de onda y una frecuencia.

## Anexos

Ref. CES/07/370  
Marzo 21 de 2007

**ING. RICARDO SANDOVAL ORTEGA**  
Monterrey, Nuevo León

Por este conducto le envío nuestra oferta comercial del equipo calculado para el suministro de energía según cuadro de cargas:

CANT	DESCRIPCION	P. UNIT.	P. TOTAL
01	Planta solar especial que contiene:  8 Módulos de 75 watts, modelo SP75 8 Baterías Cale Solar de 105 a-h 1 Estante para baterías 1 Control de carga CCX 24/50/50F 1 Inversor de 1500 watts, 24 VCD de entrada y 127 VCA de salida. 1 estructura soporte para 8 módulos solares, montaje a piso. 1 Juego de cables y accesorios	\$ 87,246.00	\$ 87,246.00 + I.V.A.

Descripción	Tiempo de operación	Carga
TV Color 20"	2 horas/día	120 watts
Licuada	2 minutos/día	300 watts
4 Lámparas de 13 watts	4.5 horas/día	13 watts
Lavadora	2 horas/semana	800 watts
Plancha	1 hora/semana	1100 watts
Ventilador	2 horas	70 watts

**CONDICIONES COMERCIALES:**

- Precios mínimo de venta, en moneda nacional, más I.V.A. Este precio es por el paquete completo.
- Forma de pago: 30% de anticipo y resto contra aviso de entrega del equipo.
- Tiempo de entrega: 6 semanas posteriores a la fecha de su pedido.
- Lugar de entrega: LAB nuestro almacén de Tlalnepantla.
- Vigencia: 30 días.
- Garantía: 1 año en el total del equipo y adicionalmente 25 años en potencia de módulos solares.

Sin más por el momento quedo a sus órdenes para cualquier comentario o aclaración al respecto.

**ATENTAMENTE,**

**ING. HECTOR GARCIA M.**  
**Gerente de Ventas**

# Autobiografía

Ing. Ricardo Sandoval Ortega

Nació en Monterrey, Nuevo León, México el 2 de Agosto de 1974. Sus padres Ing. Ricardo Sandoval Nicasio y Sra. Dora Luz Ortega de Sandoval.

Realizó sus estudios superiores en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León obteniendo el título Ingeniero Mecánico Electricista en Julio de 1997, donde también pretende obtener el Grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con Especialidad en Potencia desarrollando para esto su investigación de Tesis titulada “Alternativa de solución para reducción de costos de electrificación en áreas rurales”

En el ramo profesional, se ha desempeñado dentro de la Comisión Federal de Electricidad en los siguientes puestos y lugares:

AÑO	ADSCRIPCION	AREA	DEPTO.	PUESTO
1994	Gerencia Regional de Producción Norte	Subgerencia Regional de Generación Noreste	Mecánico	Auxiliar Técnico
1995-1996	División de Distribución Golfo Norte	Subgerencia de Distribución	Distribución Divisional	Auxiliar Técnico
1996-2000				Supervisor Divisional
2000-2003				Jefe de Oficina Divisional
2003-2006		Zona Metropolitana Monterrey Poniente	Planeación y Proyectos	Jefe de Departamento
2006-		Subgerencia de Distribución	Planeación Divisional	Jefe de Departamento Divisional